

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 57 (1966)

Heft: 10

Artikel: Neue Brückenschaltung zur Ermittlung der Reaktanz und der Verluste von grossen Hochspannungsdrosselpulen (Reaktoren)

Autor: Buchmann, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916596>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 21.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

Neue Brückenschaltung zur Ermittlung der Reaktanz und der Verluste von grossen Hochspannungsdrösselspulen (Reaktoren)

Von E. Buchmann, Effretikon

621.317.733 : 621.318.43

Eine neue Brückenschaltung für die Ermittlung der Reaktanz und der Verluste von grossen Hochspannungsreaktoren (Drösselspulen oder Kondensatoren) wird in den Grundzügen beschrieben; es werden auch praktisch ermittelte Messwerte mit den Resultaten der kalorimetrischen Verlustmessung verglichen.

L'auteur décrit les principes essentiels d'un nouveau montage en pont pour la détermination de la réactance et des pertes de grands réacteurs à haute tension (bobines de réactance ou condensateurs). Il compare également les valeurs mesurées en pratique avec les résultats de la mesure calorimétrique des pertes.

1. Probleme der Messung der Wirkleistung einer Impedanz mit sehr kleinem Verlustwinkel

Die Ermittlung der Verluste einer Impedanz erfolgt üblicherweise mittels Messinstrumenten (Wattmeter), welche oft über Messwandler angeschlossen werden müssen. Bei sehr kleinem Leistungsfaktor ($\cos \varphi \ll 0,1$) wird die Verlustmessung mittels Messinstrumenten und Messwandlern jedoch problematisch, weil die Eigenfehler der Instrumente und Messwandler die Messresultate in zunehmendem Masse stark beeinflussen können. Seit langer Zeit wurde darum versucht, in solchen Fällen die Verlustwerte in Brücken-Schaltungen im Vergleich mit einem geeigneten Normal ermitteln zu können, denn die Brückenmethoden ergeben in der Regel genauere Messresultate.

Währenddem sich für Kapazitäts- und Verlustwinkelmesungen an Kondensatoren zum Beispiel die Scheringbrücke bestens bewährt hat, besteht für die Messung an Induktivitäten, insbesondere für Messungen mit Hochspannung, noch eine gewisse Lücke von geeigneten, zuverlässigen und relativ einfachen Brücken-Meßschaltungen.

Bei fast allen gebräuchlichen Brückenmethoden wird das Brückengleichgewicht durch einen elektrischen Potentialabgleich in den beiden Brückenarmen erreicht; demgegenüber beruht die neue, vom Verfasser entworfene Brückenschaltung auf einem magnetischen Nullabgleich eines Differential-Ringkernes.

2. Brückenschaltung für die Reaktanz- und Verlustwinkelmessung an Hochspannungsreaktoren mittels eines Differential-Ringkernes

In Fig. 1 ist das prinzipielle Schaltschema der neuen Brückenmethode schematisch dargestellt. Über einen verlustfreien Normalkondensator C_N wird der Differentialringkern durch die Wicklung W_1 mit dem Strom i_1 erregt. Der durch den Prüfling fließende Strom i_x wird über die Primärwicklung des Zwischen-Stromwandlers IW nach Erde geführt. Der Sekundärstrom dieses Zwischen-Stromwandlers erzeugt am Nebenwiderstand R_{sh} einen dem Primärstrom i_x praktisch proportionalen, und mit diesem in Phase liegenden Spannungs-

abfall. Über die Regulierglieder R_v und C_v werden nun dem Differential-Ringkern über die Wicklungen W_2 und W_3 die beiden gegeneinander um 90° phasenverschobenen Ströme i_2 und i_3 zugeführt und in ihrer Grösse solange verändert, bis die Abgleichbedingung:

$$i_1 W_1 = -(i_2 W_2 + i_3 W_3)$$

erfüllt ist.

Der Ringkern ist nunmehr in abgeglichenem Zustand unerregt, weshalb der magnetische Fluss ebenfalls praktisch Null ist. Die Impedanzen der Erregerwicklungen reduzieren sich demzufolge auf den Ohmschen Widerstand, vorausgesetzt, dass die Streuung zwischen den Wicklungen vernachlässigbar klein gehalten werden kann.

Wie W. Rump [1] ¹⁾ bei seinen Untersuchungen festgestellt hat, ist bei einem Ringkern die Streuung zwischen den einzelnen Wicklungen vernachlässigbar klein ($< 10^{-5}$), sofern der Kern vollständig und gleichmäßig von jeder Wicklung umschlungen wird.

Zur Erreichung einer genügenden Messempfindlichkeit ist es zudem notwendig, ein Kernmaterial mit hoher Anfangspermeabilität zu verwenden ($\mu_a > 20\,000$), weil der Ringkern im abgeglichenen Zustand praktisch nicht erregt wird.

Unter der Annahme gleicher Windungszahlen der Wicklungen W_1 , W_2 und W_3 lassen sich für grosse Hochspannungsreaktoren aus der erwähnten Abgleichbedingung, unter Vernachlässigung der Fehler zweiter Größenordnung, die folgenden Gleichungen ableiten:

$$\omega L_x = \frac{1}{\omega C_N} \cdot \frac{R_{sh}}{\ddot{u}(R_v + R_{sh})}$$

und

$$\operatorname{tg} \delta_x = R_v C_v \omega$$

Aus dem Schaltschema in Fig. 1 ist zu ersehen, dass insbesondere der Fehlwinkel des Zwischen-Stromwandlers IW , aber auch der Phasenfehler des Nebenwiderstandes R_{sh} direkt in das Messergebnis des Verlustwinkels $\operatorname{tg} \delta_x$ eingehen. Es ist daher von diesen beiden Messgliedern ein möglichst kleiner Eigenfehler zu fordern.

¹⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

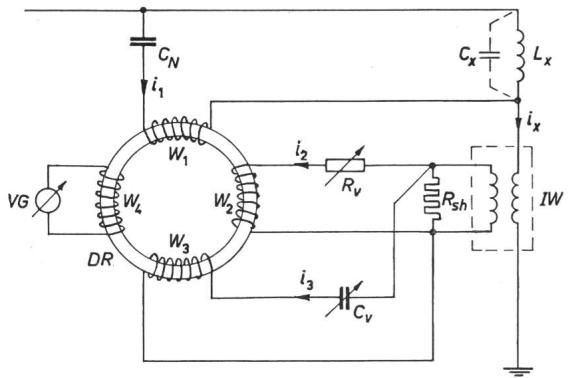


Fig. 1

Prinzipielles Schalschema der Brückenmethode

C_N Pressgas-Normalkondensator; L_x , C_x Prüfling (Hochspannungs-drosselspule oder -Kondensator); DR Differential-Ringkern; IW Präzisions-Zwischenstrom-Wandler mit Übersetzungsverhältnis $\dot{\nu}$; R_{sh} Nebenwiderstand; R_v Regulier-Dekadenwiderstand; C_v Regulier-Dekadenkondensator; W_1 , W_2 , W_3 Erregerwicklungen des Differential-Ringkernes; W_4 Indikatorwicklung; VG Nullinstrument (Vibrations-Galvanometer)

Weitere Bezeichnungen siehe im Text

Die neue Meßschaltung hat nun den grossen Vorteil, dass die das Messresultat direkt beeinflussenden Eigenfehler des Zwischen-Stromwandlers bei praktisch unverändertem Aufbau der Differential-Ringkern-Messbrücke ermittelt, und bei der Messung des Prüflings berücksichtigt werden können.

Der prinzipielle Aufbau der Meßschaltung für die Ermittlung der Eigenfehler geht aus dem Schema in Fig. 2 hervor. Hierbei ist Erregerwicklung W_1 in Fig. 1 in der Eichschaltung nach Fig. 2 durch eine Erregerwicklung W'_1 mit wenigen Windungen und einem Querschnitt entsprechend dem Primärstrom i'_1 bzw. i_x ersetzt worden. Wie schon erwähnt, darf die Streuung zwischen den Wicklungen als vernachlässigbar klein angenommen werden, sofern auch diese Wicklung W'_1 wiederum den Kern gleichmässig und vollständig umschliessend aufgebracht ist.

Für die abgeglichene Meßschaltung lautet die Abgleichsbedingung wiederum:

$$i'_1' W'_1 = -(i'_2 W_2 + i'_3 W_3)$$

und der vor allem interessierende Eigenfehlwinkel des Zwischen-Stromwandlers ergibt sich zu:

$$\operatorname{tg} \delta = R_v C_v \omega$$

3. Praktische Messresultate

An einer Drehstrom-Kompensationsdrosselspule von 16 MVar, 220 kV, wurde diese neue Messmethode praktisch angewendet. Im Vergleich zu kalorimetrischen Verlustmessungen ergab sich dabei eine Übereinstimmung der Messresultate innerhalb von 1 %. Auch die mit der neuen Brückenschaltung gemessenen Reaktanzwerte stimmten mit den aus Strom- und Spannungsmessungen berechneten Reaktanzen genau überein.

Es sei noch auf einen speziellen Vorteil dieser neuen Messmethode hingewiesen. Anlässlich der Verlustmessungen an der erwähnten Drehstromkompensationsdrosselspule wurde festgestellt, dass die Verlustfaktoren bei den gegebenen Verhältnissen nicht in allen drei Phasen gleich gross waren, ja bei einer Überspannung in einer Phase diese sogar negative Werte annehmen konnten. (Diese Feststellung kann man gelegentlich bei Leerverlustmessungen an Drehstromtransformatoren

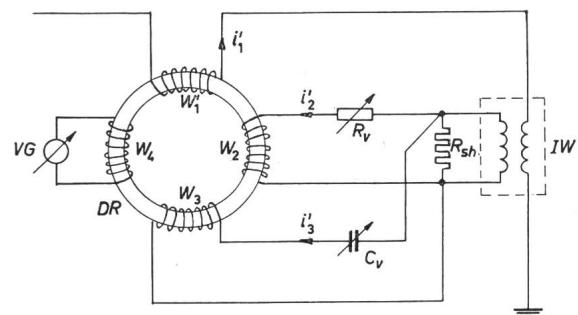


Fig. 2
Meßschaltung zur Ermittlung der Eigenfehler
Prinzipschema
Bezeichnungen siehe Fig. 1 und im Text

ebenfalls machen.) Im Gegensatz zu anderen Brückenschaltungen gestattet es die beschriebene Methode, auch die Messung von negativen Verlustwinkeln auf einfachste Weise vorzunehmen, indem lediglich die Anschlüsse der Erregerwicklung W_3 vertauscht werden müssen. Die gleiche Massnahme ergibt sich für die Wicklung W_2 , wenn anstelle einer Drosselspule ein Hochspannungskondensator gemessen werden soll.

Literatur

- [1] W. Rump: Über die Bestimmung der Fehler von Normalstromwählern mit dem Differentialring. Dtsch. Elektrotechn. 8(1954)10, S. 352...354 + 372.

Adresse des Autors:

E. Buchmann, Ingenieur, Blumenweg 6, 8307 Effretikon.

Moderne Hochfrequenz-Steckverbindungen mit Zwittereigenschaften

Von F. R. Huber und H. Neubauer, München

621.316.541 : 621.315.212

Steckverbindungen für koaxiale Hochfrequenzleitungen (zum Beispiel Koaxialkabel) gibt es in verschiedenen Bauformen. Unter diesen zeichnet sich der Zwitterstecker dadurch aus, dass jeder Stecker eines bestimmten Typs mit jedem anderen gekuppelt werden kann, da keine Stecker- und Buchsenteile vorkommen. Nach einleitenden Betrachtungen über grundsätzliche Probleme leitungsgebundener Energieübertragung werden die Eigenschaften von Zwittersteckern mit denen anderer Steckersysteme verglichen und anschliessend einige typische Vertreter dieser Steckerkategorie behandelt.

1. Einleitung

Sieht man von der freien Wellenausbreitung und der mit dieser verwandten Ausbreitung im Hohlleiter oder entlang

Pour accoupler les tronçons successifs de conduites coaxiales à haute fréquence (par ex. de câbles coaxiaux) il existe divers genres de conjoncteurs. Les conjoncteurs du genre «indifférent» se distinguent des autres par le fait que, ne comportant ni broche ni alvéole de contact, chacun d'eux peut être accouplé indifféremment à chaque autre conjoncteur du même type. Après quelques considérations sur des problèmes fondamentaux de la transmission d'énergie par fil, l'auteur compare les propriétés des conjoncteurs indifférents à celles des conjoncteurs d'autres systèmes, puis il nous renseigne sur quelques modèles typiques de conjoncteurs indifférents.

einer Eindrahtleitung ab, so erfolgt die Fortpflanzung elektromagnetischer Energie stets zwischen zwei Leitern, die gelegentlich auch als Hin- und Rückleiter bezeichnet werden.